DIE NATURWISSENSCHAFTEN

16. Jahrgang | 30. März 1928 | Heft 13

Vererbung, Entwicklung und Chemie, nebst entwicklungschemischen Untersuchungen an Organismen[1].

Von Hans Schmalfuss, Hamburg.

(Aus dem Chemischen Staatsinstitut der Universität.)

A. Vererbungschemische Betrachtungen.

Die Vererbung[2] ist am Ende durch Erbstoffe bedingt. A. Hagedoorn[3] und andere Forscher nehmen an, daß die Erbstoffe Autokatalysatoren sind. Ein Autokatalysator ist ein Stoff, der eine Reaktion, in der er selbst entsteht, und *die an sich schon mit einer bestimmten Geschwindigkeit verläuft, beschleunigt oder verlangsamt.* Man könnte aber auch meinen, daß die Erbstoffe, oder wenigstens gewisse Erbstoffe, Stoffe seien, die Reaktionen, in denen sie selbst entstehen, und *die an sich gar nicht verlaufen würden, erst auslösen.* Wie dem auch sei, immer werden die Erbstoffe in größerer Menge aus Stoffen der Nahrung wieder entstehen müssen. Denn wäre das nicht der Fall, so würde auf jeden Nachkommen nur ein Bruchteil der ursprünglichen Erbstoffmasse entfallen. Auf die Kindeskinder käme nurmehr ein Bruchteil des Bruchteils und so fort. Nach einer Reihe von Generationen müßte also die gesamte Erbstoffmasse, die sich noch in einem Individuum vorfinden könnte, die Masse eines einzigen Moleküls unterschreiten, was natürlich ein Unding wäre. Doch ist die Aufgabe der Erbstoffe nicht damit erschöpft, daß sie sich selbst wieder erzeugen. Vielmehr müssen sie in den gleichen oder in anderen Reaktionen mittelbar oder unmittelbar „Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen[3]" entstehen lassen. Diese Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen bilden „stoffliche Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften"[4]. Alle Glieder der Reihe: *„Erbstoffe → Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen → stoffliche Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften"* sind also chemische Stoffe.

Dagegen ist „Eigenschaft" (wie „Erbeinheit") ein funktioneller Begriff. Es werden also nicht Eigenschaften vererbt, sondern Stoffe; und zwar Erbstoffe, nicht etwa die stofflichen Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften unmittelbar[4]. Die stofflichen Träger der Eigenschaften entstehen vielmehr erst sekundär durch das Zusammenwirken von Erbstoffen und der Außenwelt der Erbstoffe. Hieraus ergibt sich, daß die Frage nach der Vererbung erworbener *„Eigenschaften"* falsch gestellt und in sich unlogisch ist. Die Frage müßte etwa lauten: Werden die *stofflichen Träger* „erworbener Eigenschaften" auch in den Nachkommen gebildet, obwohl die Nachkommen dem ursprünglich ändernden Einfluß entzogen sind? Oder: Werden die stofflichen Träger „verlorener Eigenschaften" auch in den Nachkommen nicht gebildet, obwohl die Nachkommen dem ursprünglich ändernden Einfluß entzogen sind?

Doch wollen wir zur Klarheit kommen, so müssen wir genauer fragen:

1. *Treffen die ändernden Einflüsse den „Erbstoffbestand"[5] selbst oder nur „Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen" bzw. „stoffliche Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften"?* Alle Einflüsse, die nicht den Erbstoffbestand selbst treffen, sind für die Vererbung belanglos. Wurde aber der Erbstoffbestand verändert, so müssen wir weiter fragen:

2. *Erzeugt sich der veränderte Erbstoffbestand in der veränderten Form aus zugeführten Nahrungsstoffen wieder?* Mutationen[6] und Verwandtschaft verschiedener Arten[7] zeigen, daß der Erbstoffbestand Änderungen erfahren kann.

Die Änderungen können chemischer und physikalischer Natur sein. (Hierin sind die physikalisch-chemischen Änderungen eingeschlossen.) Ist eine Änderung des Erbstoffbestandes reversibel (umkehrbar), so kann die ursprüngliche Form als Mutante der neuen Form zurückerhalten werden. Ändert sich ein Erbstoffbestand sehr leicht, und

[1] Nach einem zusammenfassenden Vortrag, der am 19. Oktober 1927 in einer Sitzung des Naturwissenschaftlichen Vereins in Hamburg gehalten wurde.

[2] Über die Grundzüge der Chromosomen- und Vererbungslehre siehe z. B. R. Goldschmidt, Physiologische Theorie der Vererbung. Berlin: Springer 1927. Hier auch weitere Literatur.

[3] Vgl. hierzu H. Schmalfuss und H. Werner, Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre 41, 285—258. 1926.

[4] Diese Regel schließt die Möglichkeit nicht aus, daß auch einmal Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen oder gar Erbstoffe unmittelbar Träger wahrnehmbarer Eigenschaften sein können.

[5] Unter „Erbstoffbestand" soll das *chemische und physikalische* Sein einer Gesamtheit von Erbstoffen verstanden werden, soweit es Einfluß auf das Entstehen von Stoffen mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen oder stofflichen Trägern wahrnehmbarer Eigenschaften hat.

[6] Mutationen sind sprunghafte Änderungen der Erbanlagen.

[7] Für diese Betrachtungen ist es prinzipiell gleichgültig, ob es sich um Keimzellen oder Körperzellen handelt. Denn die Körperzellen enthalten ebenfalls Erbstoffe. Das zeigen vegetative Fortpflanzungen und vegetative Mutationen. (Oft werden zwar Reaktionen dieser Erbstoffe oder auch Folgereaktionen gehemmt sein.)

bildet er sich ebenso leicht zurück, so kann es unter Umständen schwierig sein zu entscheiden, ob es sich um eine Mutation oder um eine Modifikation handelt, d. h. ob die Änderung erblich ist oder nicht. *Solange nicht bekannt ist, ob ein „Erbstoffbestand" verändert wurde oder nur „Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen" bzw. „stoffliche Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften", lassen sich Mutation und Modifikation nur willkürlich gegeneinander abgrenzen.* Mit den bisherigen Methoden der Vererbungswissenschaft sind derartige grundlegende Fragen in manchen Fällen nicht zu entscheiden. Es sind Probleme der Chemie und Physik. Daraus ergibt sich, wie wichtig es ist, Chemie und Physik viel mehr für die Probleme der Vererbungswissenschaft zu interessieren, als es bisher geschehen ist.

Drei Beispiele für Änderungsmöglichkeiten des Erbstoffbestandes.

Ein Erbstoffbestand kann nur dadurch Änderungen erfahren, daß Erbstoff neu entsteht, verschwindet oder bloß (chemisch oder physikalisch) verändert wird. Wir bringen nur drei gedachte Beispiele für die kompliziertere Möglichkeit, daß die Änderung des Erbstoffbestandes auch noch reversibel ist.

I. Chemische Änderungen.

Ein Erbstoff A könnte in einer chemischen Reaktion ganz oder teilweise in einen Erbstoff B umgewandelt werden. Ist diese Reaktion reversibel, so könnte aus dem Erbstoff B der Erbstoff A ganz oder teilweise zurückentstehen. Je nach den Umständen wird sich das relative Mengenverhältnis der Stoffe A und B in dem chemischen Gleichgewicht A $\rightleftarrows$ B verschieden einstellen.

1. *Beispiel: Polymerisation und Depolymerisation:* Ein Spezialfall des allgemeinen Reaktionstypus A $\rightleftarrows$ B ist *Polymerisation* $\rightleftarrows$ *Depolymerisation*[8], die E. BAUR[9] für das Löwenmaul (Antirrhinum L.) annimmt. Mit dem Grade der Polymerisation soll sich nach BAUR die Wirkung des Erbstoffes sprunghaft quantitativ ändern.

2. *Beispiel: Pufferung*[10] *und Entpufferung.* Ein anderer Spezialfall des allgemeinen Reaktionstypus A $\rightleftarrows$ B ist *Pufferung* $\rightleftarrows$ *Entpufferung.* Mit dem Grade der Pufferung würde sich die Wirkung eines Erbstoffes quantitativ (und in manchen Fällen auch qualitativ) ändern. Wir bringen dieses Beispiel noch, um zu zeigen, daß sich BAURS Befunde[9] vom chemischen Standpunkt aus auch mit Hilfe anderer reversibler Vorgänge deuten lassen.

Man fügt im gedachten Modellversuch zu einer Substanz (z. B. KOH) mit spezifischer Wirkung (z. B. OH-Wirkung) eine Reihe *Puffer* (z. B. Salze) hinzu, die nach der Umwandlung die gleiche spezifische Wirkung (OH-Wirkung) wie die Substanz (KOH), nur sukzessiv schwächer, zeigen[11]:

Reihenfolge des Zusatzes. →

Abnahme der Basizität ↓

	KOH + NaCl } 1)	+ $BaCl_2$ }	+ $CaCl_2$ }	+ $AlCl_3$ }
1)	KCl + NaOH }	2)	3)	4)
2)	KCl + NaCl + $Ba(OH)_2$			
3)	KCl + NaCl + $BaCl_2$ + $Ca(OH)_2$			
4)	KCl + NaCl + $BaCl_2$ + $CaCl_2$ + $Al(OH)_3$			

Dann ist die Größe der spezifischen Wirkung bei äquivalenten Mengen der beteiligten Stoffe durch das jeweils schwächste Glied bestimmt: In unserem Beispiel im Gemisch 1) durch NaOH; im Gemisch 2) durch $Ba(OH)_2$; im Gemisch 3) durch Ca $(OH)_2$; im Gemisch 4) durch Al $(OH)_3$.

In BAURS Formel $pal_1x\ pal_2\ pal_3\ pal_4$[9] entspricht dem jeweiligen Ersatz eines „kleinen"

[8] Unter Polymerisation versteht man den Zusammenschluß gleichartiger Moleküle. Depolymerisation ist der umgekehrte Vorgang.

[9] E. BAUR, Bibliotheca Genetica IV, Leipzig: Bornträger 1924. S. 97—99.

„Ein ganz schwaches Licht auf die eigentliche Natur des Unterschiedes zwischen z. B. einem Pal_1- und einem pal_1-Chromomer werfen vielleicht gewisse Beobachtungen über unilokale Faktoren. Von dem Chromomer, in dem der Unterschied zwischen Pal_1 [Eine Erbanlage für Rot (SCHMALFUSS)] und pal_1 [Fehlen dieser Erbanlage für Rot (SCHMALFUSS)] lokalisiert ist, gibt es noch andere Typen. Bisher kenne ich von diesem Chromomer die folgende verschiedene Ausbildung:

$Pal_1X\ Pal_2\ Pal_3\ Pal_4$ ermöglicht rote Farbe;
$Pal_1X\ Pal_2\ Pal_3\ pal_4$ ermöglicht blaßrote Farbe;
$Pal_1X\ Pal_2\ pal_3\ pal_4$ ermöglicht fleischfarbige Farbe;
$Pal_1X\ pal_2\ pal_3\ pal_4$ ermöglicht blaßfleischfarbig;
$Pal_1x\ pal_2\ pal_3\ pal_4$ ermöglicht rot an Röhre;
$pal_1x\ pal_2\ pal_3\ pal_4$ ermöglicht elfenbein mit ganz schwacher Färbung, die nur in cornuta-Pflanzen erkennbar ist.

Jeder von diesen 6 Typen dieses Chromomers ist mit jedem anderen auswechselbar (allelomorph zu jedem anderen). Dagegen gibt es z. B. den Typ $pal_1X\ Pal_2\ Pal_3\ Pal_4$ nicht, wie überhaupt die Typen, bei denen einer der Buchstaben „groß" rechts von einem „kleinen" steht, nicht vorkommen.

Weiter wollen wir uns an folgendes erinnern: $pal_1x\ pal_2\ pal_3\ pal_4$ ermöglicht eine äußerst schwache, nur in den Hörnchen von cor cor-Individuen sichtbare, Anthocyanbildung. Weiter ermöglicht Pal_1 für sich allein, d. h. mit x $pal_2\ pal_3\ pal_4$ eine leise Spur von Anthocyan hinter den Kelchzipfeln (rot an Röhre). $Pal_1X\ pal_2\ pal_3\ pal_4$ gibt eine schon wieder etwas stärkere Anthocyanbildung und so fort über fleischfarbig und blaßrot bis zu rot, das erst durch die volle Serie $Pal_2X\ Pal_2\ Pal_2\ Pal_2$ ermöglicht ist.

Da liegt der Gedanke sehr nahe, daß es sich bei dieser Reihe vielleicht um eine Polymerisation im Sinne der organischen Chemie handelt, d. h. daß ein $pal_1x\ pal_2\ pal_3\ pal_4$-Chromomer eine gewisse selbständige wachstums- und teilungsfähige Molekülgruppe einmal enthält, $Pal_1X\ pal_2\ pal_3\ pal_4$ enthält sie zweimal usw."

[10] Chemische Puffer mildern chemische Stöße, wie Eisenbahnpuffer Eisenbahnstöße mildern.

[11] Es soll *hier* nur das Prinzip erläutert werden. Deshalb schalten wir aus unserer Betrachtung alles Komplizierende aus. Das angeführte Beispiel ist willkürlich so gewählt, weil es besonders übersichtlich ist. Prinzipiell ähnliche Verhältnisse spielen in den Organismen sicher eine Rolle. Denn wir haben es in ihnen fast überall mit gepufferten Systemen zu tun.

Symbols durch ein „großes" von links her das Fortfallen des jeweils schwächsten Puffers. (In unserem Beispiel würde zuerst $AlCl_3$ fortfallen, dann $CaCl_2$, dann $BaCl_2$, dann NaCl.) Haben die Wirkungsunterschiede der beteiligten wirksamen Stoffe eine geeignete Größe, so werden keine allmählichen Übergänge, sondern sprunghafte Änderungen die Folge sein. Die letzte entwicklungsmechanische Ursache dieser quantitativen Verschiedenheiten ist qualitativer Natur[9]. In dieser Hinsicht geht unsere Deutung, genau wie BAURS, über die GOLDSCHMIDTsche[2] Annahme verschiedener Quantitäten desselben Erbstoffes hinaus, die, wie BAUR[9] eingehend begründet, nicht ausreicht, ihm sprunghafte Änderungen zu erklären.

Ob in dem Gemisch 4) unseres Beispiels Zwischenglieder (NaCl, $BaCl_2$, $CaCl_2$) vorhanden sind oder fehlen, ist ohne Einfluß und an der Wirkung nicht zu erkennen. Denn diese Zwischenglieder gehen aus der Reaktion unverändert hervor. Hiermit steht im Einklang, daß BAUR in seinen Versuchen nie einen Fall finden konnte, der dem Fortlassen eines Mittelgliedes (bei ihm Auftreten eines „großen" Symbols rechts von einem „kleinen") entspricht. Wir glauben deshalb, daß unsere Deutung in dieser Hinsicht weiterführt. Auch die Ähnlichkeit der BAURschen Faktoren untereinander würde durch die Ähnlichkeit der Puffer wiedergegeben. Außerhalb der BAURschen Faktorenreihe steht diejenige Substanz, die dem KOH unseres Beispiels entspricht. Diese Substanz ist in BAURS Formel also nicht mit aufgeführt. Daher muß BAUR in seiner Deutung auch annehmen (Anm. 9, letzter Absatz), daß schon pal_1x pal_2 pal_3 pal_4 die wirksame Gruppe einmal enthält, obwohl alle Symbole „klein" sind[12]. Also auch in dieser Hinsicht bringt unsere Anschauung, wie wir glauben, einen Fortschritt.

II. Physikalische Änderungen.

Ein Erbstoff könnte durch einen physikalischen Vorgang aus dem physikalischen Zustand A ganz oder teilweise in den physikalischen Zustand B versetzt werden. Wäre dieser Vorgang reversibel, so könnte der Erbstoff aus dem physikalischen Zustand B in den physikalischen Zustand A ganz oder teilweise zurückgeführt werden. Je nach den Umständen würde sich das relative Mengenverhältnis des Erbstoffes im Zustand A und im Zustand B in dem physikalischen Gleichgewicht $A \rightleftarrows B$ verschieden einstellen.

3. *Beispiel: Änderung der räumlichen Lage.* Ein Spezialfall des allgemeinen Umwandlungstypus $A \rightleftarrows B$ ist die reversible *Änderung der räumlichen Lage eines* Erbstoffes zu anderen Erbstoffen. Mit dem Grade der Änderung der relativen räumlichen Lage des Erbstoffes würde sich die Wirkung dieses Erbstoffes quantitativ (und in manchen Fällen auch qualitativ) ändern können. Es liegt nahe, gegen diese Vorstellung ins Feld zu führen, daß es durch die MORGAN-Schule[3] fast sichergestellt sei, daß die Erbstoffe im Kernfaden linear festgelegt sind. Es würde hierbei aber vergessen, daß man die Perlen einer Kette drehen kann, *ohne daß die lineare Anordnung* der Perlen *leidet.* Wären diese Perlen gar aus Kautschuk, so könnte man einzelne Perlen in verschiedenen Richtungen zusammendrücken, auseinanderziehen oder auch umstülpen, ohne daß sich die lineare Anordnung ändert. Weiter könnte man die Kette krümmen oder geraderichten. Auch hierbei würde die lineare Anordnung der Perlen erhalten bleiben. Wir können das auch anders ausdrücken und sagen: Infolge der Dreidimensionalität des Raumes kann die Verschiebung in der einen Dimension einortig für eine andere Dimension sein[13]. Wir halten diese Vorstellung für besonders fruchtbar, weil sie unter anderem für die Chromosomenkarten[3] weitere Deutungsmöglichkeiten eröffnet. Weiter gestattet sie, WINKLERS Konversionshypothese[14] auch physikalisch und chemisch vorstellbar zu machen.

Ein „Charakteraustausch", wie ihn WINKLER vermutet, ist leicht verständlich, wenn man annimmt, daß bei bleibender linearer Anordnung der beteiligten Erbstoffe ein Erbstoff räumlich verlagert wird. Dadurch könnte die wirksame Oberfläche dieses Erbstoffes größer oder kleiner werden. Weiter könnten Erbstoffe weniger gut oder besser zusammenwirken, wenn einer von ihnen räumlich verlagert wird. In all diesen Fällen würden quantitative und auch qualitative Änderungen die Folge sein können[15], ohne daß sich die Masse oder die chemische Konstitution des Erbstoffes zu ändern brauchten. Wir wollen diesen Gedanken nur an einem Beispiel ausführen, in dem das Zusammenwirken von Erbstoffen gestört werden soll.

Eine bestimmte Reaktion einer Substanz möge

[12] Das Auftreten von Pal_1 würde dann dem Hinzufügen von NaCl zum KOH unseres Beispiels entsprechen ferner das Auftreten von X dem Hinzufügen von $BaCl_2$ usw.

[13] Entsprechendes gilt, wenn man das vierdimensionale Raum-Zeit-System zugrunde legt.

[14] H. WINKLER, Hamburg, V. Internationaler Kongreß für Vererbungswissenschaft. Leipzig: Bornträger 1927. S. 18–19:

„Die Crossing-over-Theorie ist aufgestellt worden, um zu erklären, daß bei Koppelung von Genen, dann also, wenn Gene im gleichen Chromosom lokalisiert sind, in den Gameten abweichende Gen-Kombinationen auftreten können. Sie erklärt es durch die Annahme, daß zwischen den homologen Chromosomen gewisse Gene ausgetauscht werden derart, daß in der Heterozygote das in dem einen Chromosom liegende dominante Gen an den Ort in dem anderen Chromosom hinüberkreuzt, wo das entsprechende recessive Gen lag, das seinerseits den früheren Ort des dominanten Gens einnimmt. Man kann nun aber das Auftreten der abweichenden Genkombinationen auch umgekehrt damit erklären, daß die zu einem Allelomorphenpaar gehörigen Gene ihren Ort beibehalten, aber ihren Charakter austauschen derart, daß in einem bestimmten Prozentsatz das dominante Gen zum recessiven wird, das recessive zum dominanten."

[15] Vgl. hierzu H. FREUNDLICH, Grundzüge der Kolloidlehre. Leipzig: Akad. Verlagsges. 1924. S. 70.

von der fördernden Gruppe eines Erbstoffes gerade nicht ausgelöst werden können, weil der fördernden Gruppe die hemmende Gruppe eines anderen Erbstoffes benachbart ist. Wird dann der eine Erbstoff räumlich so verlagert, daß ein ausreichender Abstand zwischen fördernder und hemmender Gruppe entsteht, so kann nun die Reaktion der Substanz von der fördernden Gruppe ausgelöst werden.

Nach der räumlichen Vorstellung wäre es auch verständlich, weshalb der „Charakteraustausch" bei längeren Chromosomen häufiger vorkommt als bei kürzeren, da die größere Länge ein Verbiegen, Scheren, Stauchen usw. in erhöhtem Maße zuläßt.

Voraussichtlich würde es eine *kleinere Arbeit* erfordern, Erbstoffe *innerhalb eines Chromosoms* (bei bleibender linearer Anordnung aller Erbstoffe) räumlich zu verlagern, als einander entsprechende Anteile zweier Chromosomen auszutauschen.

Je nach Art der Verlagerung können allmähliche Übergänge oder sprunghafte Änderungen die Folge sein.

Wenn sich der verlagerte Erbstoff selbst wiedererzeugt, so ist keine neuartige chemische Leistung gegenüber früher erforderlich. Vielmehr ist es von vornherein wahrscheinlich, daß die neue räumliche Lage auf Grund der physikalischen Trägheit erhalten bleibt. Hierin sehen wir einen gewissen Vorzug der Einfachheit.

Im übrigen stehen die physikalische und die chemische Denkmöglichkeit gleichwertig nebeneinander. Daher würden sich BAURS Befunde auch vom physikalischen Standpunkt aus und WINKLERS Konversion auch vom chemischen Standpunkt aus verständlich machen lassen.

B. Entwicklungschemische Betrachtungen.

Im vorigen Abschnitt haben wir Vorstellungen über die Änderungsmöglichkeiten eines Erbstoffbestandes entwickelt. Jetzt haben wir uns zu fragen, wie die geringen Erbstoffmengen innerhalb des gleichen Reaktionsmediums, unabhängig voneinander, so große und verschiedenartige Wirkungen entfalten können.

R. EHRENBERG[16] äußert sich zu diesem Problem folgendermaßen: „Ein Katalysator, der innerhalb seines Reaktionsraumes auf ein sehr kleines Volumen verdichtet ist, dürfte nicht gerade sehr wirksam sein. Und nimmt man an, daß die Enzyme jeweils zur Zeit ihres Bedarfes aus dem Kernfaden heraustreten und in Lösung gehen, so gibt man gerade das wesentliche Ergebnis zumal der Erbforschung, die Konstanz des Chromatins, die räumliche, lineare (MORGAN)-Fixierung seiner Bestandteile, seiner Wirkungseinheiten auf. Was wir sehen, ist jedenfalls nicht das Inlösunggehen der Chromosomensubstanz, sondern umgekehrt ihre Massenzunahme."

[16] Theoretische Biologie. Berlin: Springer 1923. S. 238.

Nun ist es auf Grund des stark ausgesprochenen additiven Verhaltens der Erbstoffe sehr wahrscheinlich, daß die Erbstoffe vorwiegend hochmolekular[17] sind und nicht diffundieren. Hierfür sprechen auch ihre hochspezifischen Wirkungen. Daher ist es am wahrscheinlichsten, daß in der Regel die Substrate die fixierten Erbstoffe aufsuchen, durch Adsorption an ihnen angereichert und dann verändert werden. Wir hielten es deshalb für wichtig, rechnerisch und experimentell zu prüfen, ob z. B. ein Ferment, auf kleinsten Raum zusammengedrängt, sehr große Wirkungen entfalten kann[18]. Z. B. besitzt eine bestimmte Fermentmenge, die unlöslich auf Filtrierpapier niedergeschlagen ist, in 100 ccm einer Melanogenlösung eine etwa 5000mal so hohe Konzentration, wenn auch nur auf kleinem Raum, wie wenn man die gleiche Menge Ferment in den 100 ccm Flüssigkeit gleichmäßig verteilt. Wir zeigten diesen ungeheuren Unterschied des Wirkungsgrades experimentell an zwei verschiedenen Fermenten, nämlich an Ferment, das Melanin entstehen läßt, und an Katalase. Bei gleichen absoluten Mengen der beiden fixierten Fermente ist der Wirkungsgrad bei gleichbleibender Substratkonzentration von der *absoluten* Menge des Substrates unabhängig. *Die Zelle besitzt demnach in der lokalen Fixierung von Stoffen ein Mittel, im gleichen Reaktionsmedium, örtlich voneinander getrennt, mehrere Reaktionen nebeneinander mit stark erhöhter (oder verminderter) Geschwindigkeit verlaufen zu lassen. Dies hat für das Verständnis der additiven Wirkung der fixierten Erbstoffe hervorragende Bedeutung*[19].

Gedanklich läßt sich der Weg von den Erbstoffen zu den Trägern der wahrnehmbaren Eigenschaften hin wohl verfolgen. Für die Praxis ist es aber einfacher und zur Zeit experimentell allein möglich, den Weg in umgekehrter Richtung, also von den stofflichen Trägern der wahrnehmbaren Eigenschaften ausgehend, zu beschreiten. *Wir haben eine „Entwicklungschemie", als einen Teil der Biochemie, an die Seite der Entwicklungsmechanik zu stellen.* Die Entwicklungschemie nimmt also die Erbstoffe als gegeben hin und untersucht, wie die stofflichen Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften entstehen. Die Chemie muß sich hier als Hilfswissenschaft der Vererbungslehre natürlich der MENDELschen Betrachtungsweise anpassen und sich ihre stillschweigenden Voraussetzungen zu eigen machen[3]. Es sind dies vor allem zwei Voraussetzungen, die sonst in der Chemie nicht üblich sind.

1 Aus einer Reihe gleichwertiger Eigen-

[17] Nach einer Privatmitteilung von H. REMY, Hamburg, ist die Annahme begründet, daß die Stärke der Additivität im allgemeinen mit der Größe des Moleküls zunimmt.

[18] H. SCHMALFUSS, diese Zeitschr. 15, 453–457. 1927.

[19] Es sei nebenbei erwähnt, daß hierdurch zugleich das Verhalten der *Humussäuren im Boden* in vieler Hinsicht veranschaulicht wird.

schaften, wie Schwarz, Dunkelgrau, Grau, Hellgrau, Weiß, werden die beiden möglichen Grenzfälle, Schwarz und Weiß, mit Vorteil herausgegriffen und zu Gegensatzpaaren gestempelt. Grau ist dann mangelndes Schwarz oder überfärbtes Weiß.

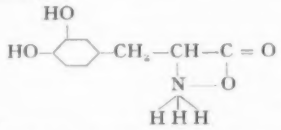
2. Im MENDELschen Prinzip wird, wie allgemein bekannt und anerkannt ist, vorausgesetzt, daß die Erbstoffe selbständiges, additives Verhalten zeigen, d. h. es summieren sich die Wirkungen der Erbstoffe, ohne sich gegenseitig wesentlich zu beeinflussen.

Nun sind auch in der Chemie die meisten Reaktionen, vor allem die Grundreaktionen, genau wie bei der Vererbung, Typenreaktionen, d. h. jede Gruppe[20] eines chemischen Stoffes reagiert selbständig und unabhängig von anderen. Danach ergibt sich das Gesamtverhalten eines chemischen Stoffes im wesentlichen additiv aus dem Verhalten aller darin enthaltenen Gruppen. So ist z. B. in den meisten organischen Säuren die Gruppe — COOH vorhanden. Diese Gruppe — COOH wirkt überall im wesentlichen gleich, einerlei, in welche chemischen Stoffe sie eintrat. Gewiß sind in der Chemie auch viele Vorgänge bekannt, die nicht rein additiv zu erklären sind. Hier spielt die Konstitution der reagierenden Stoffe, d. h. die relative Anordnung der Gruppen im Molekül, eine Rolle. So unterscheiden sich z. B. die beiden Dioxybenzole Brenzkatechin

in ihrem chemischen Verhalten bedeutend. Doch lassen sich derartige konstitutive Einflüsse mit Hilfe eines Kunstgriffes additiv ausdrücken, indem man außer den Wirkungen der einzelnen Gruppen noch die Wirkungen gewisser Gruppenkombinationen betrachtet. In diesen letzten Summanden ist dann auch der konstitutive Einfluß enthalten und geht mit ihnen in die Summe ein. Wir wollen dies an Beispielen aus dem Gebiet der Melaninbildung veranschaulichen.

Wir wissen[18], daß 4 Stoffe nötig sind, damit sich Melanin[21] fermentativ bilden kann, nämlich:

1. eine Farbstoffvorstufe, z. B. das Dioxyphenylalanin[22],



das im folgenden kurz mit D bezeichnet wird;

2. Sauerstoff;

3. Wasser[18];

4. ein geeignetes Ferment (oder eine Fermentgruppe[23]).

Werden *alle* diese Stoffe unter geeigneten Bedingungen zusammengebracht, so tritt *die eine Grenzfarbe, Schwarz,* ein. *Fehlt* z. B. die Farbstoffvorstufe, so beobachten wir *die andere Grenzfarbe, Weiß.* Das Gemisch für die Grenzfarbe Schwarz wollen wir mit A bezeichnen, das für die Grenzfarbe Weiß mit B. Setzen wir nun einen bestimmten Stoff dem Gemisch A zu, so erfahren wir, ob dieser Stoff die Farbstoffbildung aus D nicht hemmt (keine Verschiebung nach Weiß hin = w), oder hemmt (Verschiebung nach Weiß hin = W). Es ist also entweder die Grenzfarbe Schwarz zu beobachten (w) oder nicht (W).

Setzen wir nun denselben Stoff dem Gemisch B zu, so erfahren wir, ob dieser Stoff selbst keinen Farbstoff bildet (keine Verschiebung nach Farbe hin, = f), oder ob er Farbstoff bildet (Verschiebung nach Farbe hin, = F). Es ist also entweder die Grenzfarbe Weiß zu beobachten (f) oder nicht (F).

Es bestehen daher nach den Regeln der Kombinationslehre die vier Reaktionsmöglichkeiten: wf, Wf, wF, WF.

Die Gesamtwirkung des Zusatzstoffes setzt sich, wie gesagt, additiv aus den Wirkungen aller chemischen Gruppen und Gruppenkombinationen dieses Stoffes zusammen. Wir haben in etwa 4000 Versuchen[18] festgestellt, in welcher Beziehung die häufigsten Gruppen und Gruppenkombinationen zur Pigmentbildung stehen. Etwa 50 Gesetzmäßigkeiten stellen diese Beziehungen dar. Einige davon finden sich in der Tabelle 1.

Tabelle 1.

Wirkungen der einzelnen Gruppen und Gruppenkombinationen in bezug auf die Melaninbildung.

Lfd. Nr.	Chemisch-reaktionstüchtiger Molekülteil (Gruppe oder Gruppenkombination)	Wirkung
1	—Alkyl	wf
2	—OH	wf
3	—CH—C = O | | N — O H H H	wf
4	—NHR	Wf
5	—COOH	Wf
6	—$(OH)_2$ in o-Stellung	wF
7	—OH + Substituent 1. Ordnung[3] in p-Stellung	wF

Hieraus ergibt sich, daß man voraussagen kann, wie sich ein bestimmter Stoff in bezug auf die

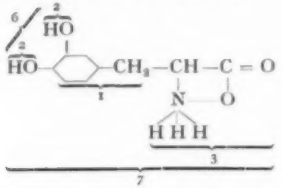
[20] Chemisch-reaktionstüchtige Molekülteile treten vorwiegend in Form von Atomgruppen auf. Es können natürlich auch einzelne Atome chemisch reaktionstüchtige Molekülteile sein, die sich dann prinzipiell ebenso verhalten wie die Gruppen.

[21] „Melanin" ist ein Sammelname für braunschwarze bis schwarze Pigmente.

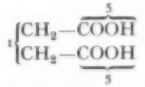
[22] Im *Pflanzenreich* von M. GUGGENHEIM, Zeitschr. f. physiol. Chem. **88**, 276ff. 1913, im *Tierreich* von H. SCHMALFUSS und H.-P. MÜLLER, Biochem. Zeitschr. **183**, 362ff. 1927, zuerst aufgefunden.

[23] Für die vorliegende Arbeit ist es belanglos, ob ein einzelnes Ferment oder eine Gruppe von Fermenten wirkt.

Melaninbildung verhalten wird. So muß z. B. Dioxyphenylalanin von der Formel



unter günstigen Bedingungen in Melanin übergehen. Denn die Gruppenkombinationen, die im Formelbild durch die Klammern 6 und 7 (vgl. Tabelle 1) umfaßt werden, lassen Melanin entstehen. (Keine der sonst vorhandenen Gruppen und Gruppenkombinationen, die im Formelbild durch die übrigen Klammern umfaßt werden, verhindert, daß Melanin entsteht.) Die Additivität gilt nicht nur für die Wirkungen der Gruppen eines einzelnen Stoffes, sondern im Prinzip auch für Gemische von Stoffen. Fügen wir z. B. zum Dioxyphenylalanin unter sonst gleichen Bedingungen Bernsteinsäure von der Formel



hinzu, so kann kein Melanin entstehen. Denn die COOH-Gruppen der Bernsteinsäure, die im Formelbild durch die Klammern 5 umfaßt werden, verhindern, daß Dioxyphenylalanin in Melanin übergeht. (Bernsteinsäure an sich enthält keine Gruppe, die ihr gestattet, selbst in Pigment überzugehen.)

Auf Grund der erkannten Gesetzmäßigkeiten läßt sich auch für Organismen, in manchen Fällen schon auf Grund des bloßen Anblicks, aussagen, daß gewisse Gruppen und Gruppenkombinationen an melaninbildenden Stellen nicht vorhanden sein können, da sie Art und Grad der Färbung nicht zulassen würden. Andererseits lassen sich Art und Zahl der dort möglichen Gruppenkombinationen angeben. Mit Hilfe ausschließender Experimente können dann die Möglichkeiten weiter eingeengt werden. Das ist der Weg, den die Entwicklungschemie bereits in mehreren Fällen an Organismen erfolgreich beschritten hat, wie wir weiter unten zeigen werden.

Auch läßt sich **chemisch** *verstehen, daß bei Bastardierungen gerade die beobachteten Eigenschaften auftreten müssen.* Um dies klarzumachen, haben wir eine Reihe einfacher Modellversuche erdacht, die in vitro durchgeführt wurden. Um Mißverständnissen vorzubeugen, schicken wir voraus, daß in diesen gedachten Modellversuchen nicht etwa die Mendelspaltung chemisch erklärt werden soll. Denn die Mendelspaltung bedarf der chemischen Erklärung nicht, weil die Erbstoffe mechanisch, nicht aber chemisch verteilt werden[2], mögen auch chemische Vorgänge der Mendelspaltung vorausgehen oder sie begleiten. Die Mendelspaltung fällt daher nicht in das Gebiet der Chemie. Wir wollen vielmehr in den gedachten Modellversuchen Art und Verteilung der „Erbstoffe" und der von ihnen erzeugten „Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen" als gegeben voraussetzen. Unter dieser Voraussetzung machen die Modellversuche chemisch verständlich, *warum* solche Farben entstehen müssen, wie sie in Erbgängen auftreten.

I. Modellversuch für den Fall einer normalen Bastardierung und Bastardspaltung.

Bei der Bastardierung zweier Eltern und der Bastardspaltung in der Enkelgeneration sollen im gedachten Modellversuch die schließlich auftretenden wahrnehmbaren Eigenschaften in folgender Weise entstehen. Der eine Elter „D" besitze einen Erbstoff, durch den im Elternorganismus D gebildet wird. Die Bedingungen sollen so sein, daß dieses D in schwarzes Pigment übergeht. Dieser Elter ist also schwarz gefärbt. Der andere Elter „A" enthalte an Stelle des Erbstoffs für D einen Erbstoff, der Dimethyl-amin entstehen läßt. Das Amin vermag selbst kein Melanin zu bilden. Dieser Elter ist also ungefärbt oder weiß. Die Kinder dieser Eltern werden grau, denn das Amin hemmt die Melaninbildung aus D schwach (s. Tabelle 2).

Die Kinder „D"„A" bilden gleich viele männliche und weibliche Keimzellen „D" und „A". Diese bilden nach den Regeln der Kombinationslehre in der F_2-Generation die Individuen „D"„D", „A"„D", „D"„A" und „A"„A", also $^1/_4$ schwarze Enkel, $^2/_4$ graue und $^1/_4$ weiße Enkel (s. Fig. 1).

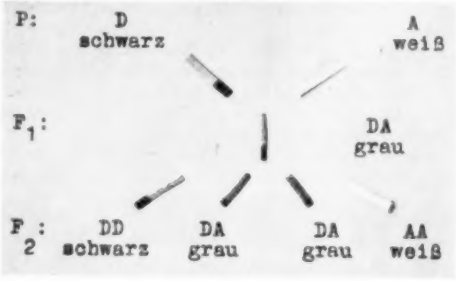


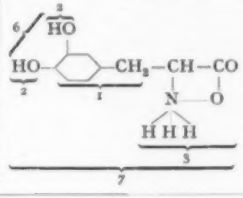
Fig. 1. *Normalfall:* Fermentprüfstreifenreaktion[18] in vitro mit Dioxyphenylalanin (D) und Dimethylamin (A), einzeln und kombiniert.

II. Modellversuche für Fälle von Dominanz.

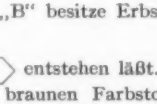
Auch Erscheinungen der Dominanz lassen sich in entsprechender Weise in gedachten Modellversuchen chemisch verständlich machen.

1. *Schwarz dominiert über Braun.* Derselbe Elter „D" werde mit einem andern Elter „B"

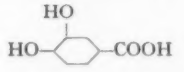
Tabelle 2. *Normale Bastardierung.*

Individuen	Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen	Formeln[1]	Gruppe Nr. der Tabelle 1	Gruppe Wirkung	Phänotypus
Elter „D"	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure		2 2 3 1 7 6	wf wf wf wf wF wF	F
Elter „A"	Dimethylamin		1 1 4	wf wf Wf	W
F_1 („D" „A")	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure + Dimethylamin	Σ	Σ	Σ	FW

[1] Die Klammern umfassen die chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteile, die samt ihren Wirkungen in der Tabelle 1 zusammengestellt sind. Die Nummern der Klammern entsprechen den Nummern in der Tabelle 1.

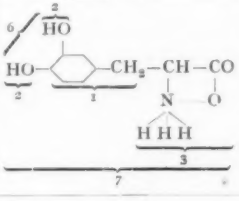
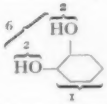
gekreuzt. Dieser Elter „B" besitze Erbstoff, der Brenzcatechin  entstehen läßt. Brenzcatechin bildet einen braunen Farbstoff. Der Elter „B" ist also braun gefärbt, während der Elter „D" schwarz ist. Da Brenzcatechin die Melaninbildung aus D nicht beeinträchtigt, überdeckt in den Kindern das schwarze D-Melanin das braune Pigment aus Brenzcatechin (siehe Tabelle 3). Von den Enkeln sind demnach $^3/_4$ schwarz und $^1/_4$ braun (s. Fig. 2).

2. *Braun dominiert über Schwarz.* Der Elter „D" werde mit dem Elter „P" gekreuzt. Dieser Elter „P" besitze Erbstoff, der Protocatechusäure entstehen läßt. Protocatechusäure



bildet braunes Pigment. Der Elter „P" ist also braun gefärbt. Außerdem hemmt aber Protocatechusäure die Bildung von Melanin aus D.

Tabelle 3. *Schwarz dominiert über Braun.*

Individuen	Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen	Formeln	Gruppe Nr. der Tabelle 1	Gruppe Wirkung	Phänotypus
Elter „D"	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure		2 2 3 1 7 6	wf wf wf wf wF wF	F
Elter „B"	Brenzcatechin		1 2 2 6	wf wf wf wF	F
F_1 („D" „B")	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure + Brenzcatechin	Σ	Σ	Σ	F

Die Kinder sind demnach braun (s. Tabelle 4), die Enkel zu $^3/_4$ braun, zu $^1/_4$ schwarz (s. Fig. 3).

3. *Weiß dominiert über Schwarz.* Derselbe Elter „D" werde mit dem Elter „Be" gekreuzt.

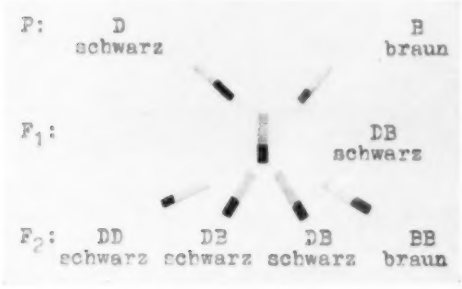


Fig. 2. *Dominanz von Schwarz über Braun:* Fermentprüfstreifenreaktion in vitro mit Dioxyphenylalanin(D) und Brenzcatechin (B), einzeln und kombiniert.

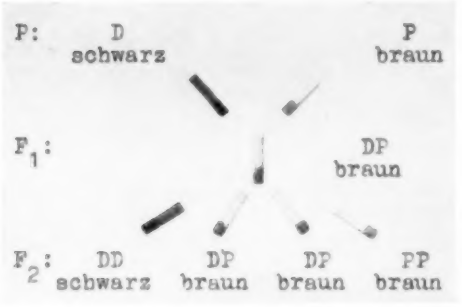


Fig. 3. *Dominanz von Braun über Schwarz:* Fermentprüfstreifenreaktion in vitro mit Dioxyphenylalanin (D) und Protocatechusäure (P), einzeln und kombiniert.

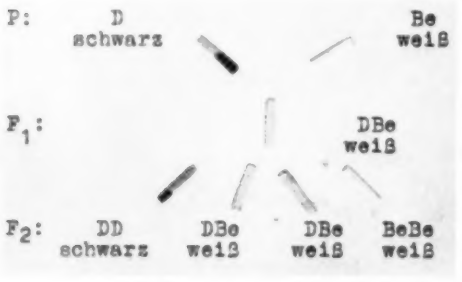


Fig. 4. *Dominanz von Weiß über Schwarz:* Fermentprüfstreifenreaktion in vitro mit Dioxyphenylalanin (D) und Bernsteinsäure (Be) einzeln und kombiniert.

Dieser Elter „Be" besitze Erbstoff, der Bernsteinsäure entstehen läßt. Bernsteinsäure

$$\begin{array}{l} CH_2 \cdot COOH \\ | \\ CH_2 \cdot COOH \end{array}$$

bildet kein Melanin. Der Elter „Be" ist also weiß gefärbt. Außerdem verhindert Bernsteinsäure jegliche Bildung von Melanin aus D. Deshalb sind alle Kinder weiß (s. Tabelle 5). Derartige Albinos, miteinander gekreuzt, lassen nebst $^3/_4$ weißen $^1/_4$ schwarze Nachkommen erwarten (s. Fig. 4). (Sonst ist meist Farbe dominant über Weiß, wie schon [S. 213] das Reaktionsgemisch A gegenüber dem Reaktionsgemisch B zeigt.)

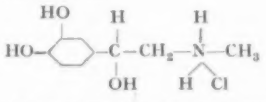
Der Grad der Dominanz von Weiß nimmt mit der Wasserstoffionenkonzentration zu.

Würde Albinos dagegen Erbstoff für einen Farbstoffbildner ganz fehlen, so würden ihre Kinder ausnahmslos weiß sein. Diese beiden Beispiele von Albinokreuzungen mögen an dieser Stelle genügen.

III. Modellversuch für einen Fall von Dominanzwechsel.

Von besonderem Interesse ist der *Dominanzwechsel.* Er soll nach R. GOLDSCHMIDT[2] darauf beruhen, daß *ein Erbstoff der Menge nach verändert* wird. Hierdurch würde die Menge der stofflichen Träger der wahrnehmbaren Eigenschaften entsprechend verändert. Daraus könnte man schließen, daß der größeren Menge jeweils auch die größere fördernde oder hemmende Wirkung zukommt. Das kann gewiß sein, *ist aber keineswegs nötig.* Vielmehr kann eine bestimmte Wirkung eines Stoffes, z. B. die Bildung von Pigment, mit wachsender Menge dieses Stoffes anfänglich zunehmen, später wieder abnehmen.

Als Beispiel wählen wir den Melaninbildner Adrenalinhydrochlorid



Setzen wir zu einer Verdünnungsserie gleiche Mengen Raupenferments, auf Prüfstreifen fixiert, hinzu, so erhalten wir das Bild Nr. 5, das, graphisch dargestellt, die Kurve der Fig. 6 ergibt.

Wir sehen, daß *in konzentrierten Lösungen kein Melanin* entsteht, *in verdünnten Lösungen* entsteht *Melanin, in sehr verdünnten Lösungen* entsteht wiederum *kein Melanin.*

Das liegt daran, daß in den konzentrierteren (immerhin aber schon sehr verdünnten, nämlich $^1/_{200}$—$^1/_{800}$ molaren) Lösungen des Adrenalinhydrochlorids infolge der hohen Wasserstoffionenkonzentration kein Melanin entstehen kann. Bei der geringeren Wasserstoffionenkonzentration in verdünnteren Lösungen dagegen kann Melanin entstehen. Denn die Konzentration der Brenzcatechingruppe reicht hierfür noch lange aus. Wird

noch weiter verdünnt, so wird schließlich auch die Konzentration der Brenzcatechingruppe zu klein, als daß noch Melanin entstehen könnte.

Fig. 5. *Dominanzwechsel:* Fermentprüfstreifenreaktion in vitro mit einer Verdünnungsserie von Adrenalinhydrochlorid, ausgehend von einer m/200 Lösung.

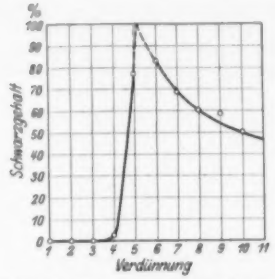


Fig. 6. Abhängigkeit der Pigmentbildung aus Adrenalinhydrochlorid von seiner Konzentration.

Tabelle 4. *Braun dominiert über Schwarz.*

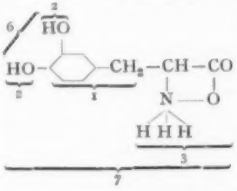
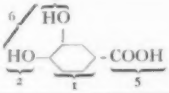
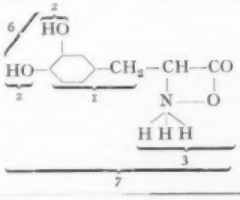
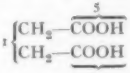
Individuen	Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen	Formeln	Gruppe Nr. der Tabelle 1	Gruppe Wirkung	Phänotypus
Elter „D"	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure		2 2 3 1 7 6	wf wf wf wf wF wF	F
Elter „P"	Protocatechusäure		2 2 1 6 5	wf wf wf wF Wf	WF
F_1 („D" „P")	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure + Protocatechusäure	Σ	Σ	Σ	WF

Tabelle 5. *Weiß dominiert über Schwarz.*

Individuen	Stoffe mit chemisch-reaktionstüchtigen Molekülteilen	Formeln	Gruppe Nr. der Tabelle 1	Gruppe Wirkung	Phänotypus
Elter „D"	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure		2 2 3 1 7 6	wf wf wf wf wF wF	F
Elter „Be"	Bernsteinsäure		1 5 5	wf Wf Wf	Wf
F_1 („D" „Be")	l-β-3,4-Dioxyphenyl-α-aminopropionsäure + Bernsteinsäure	Σ	Σ	Σ	W (F)

Es braucht also der Grad der Pigmentbildung nicht der Stoffmenge proportional zu sein.

Weiter sehen wir, daß sich bei dem Dominanzwechsel das gegenseitige Mengenverhältnis der beteiligten Gruppen nicht zu ändern braucht. Denn die fördernde Brenzcatechingruppe und die hemmende Hydrochloridgruppe stehen bei jeder Verdünnung in dem gleichen Äquivalentverhältnis 1 : 1. *Dominanz ist also selbst bei äquivalentbleibenden Mengen der beiden allelomorphen Gruppen oder Stoffe keine absolute Qualität des einen Partners. Vielmehr hängt der Grad der Dominanz davon ab, welcher der beiden Partner unter den jeweils gegebenen Umständen relativ stärker oder schwächer ist*[24].

Es kann sogar vorkommen, daß *von zwei Farbstoffvorstufen nur die verdünntere Pigment bildet.* Als Beispiel hierfür diene ein Lösungsgemisch von D und Oxyphenylalanin. Unter günstigen Bedingungen liefern beide Stoffe tiefschwarzes Pigment, unter ungünstigeren Bedingungen dagegen liefert nur noch das D Pigment. So ließ geeignet verdünntes Ferment m/900 Oxyphenylalanin nicht mehr dunkeln, wohl aber m/115200 D. Hier ist die molare Konzentration des D 128 mal so gering wie die des Oxyphenylalanins. Dieser Fall steht durchaus nicht vereinzelt da.

Fermente in der Konzentration, wie wir sie im vorigen Versuch anwandten, kommen in der Natur vor, z. B. in jungen Eiern des Kiefernspinners (Dendrolimus pini L.). Hier nimmt die Konzentration des melaninbildenden Fermentes bis zum 10. Entwicklungstag zu. Erst vom 6. Entwicklungstag an ist die Fermentkonzentration so groß, daß Oxyphenylalanin in Melanin umgewandelt werden kann, während D schon in den ersten Tagen geschwärzt wird.

C. Entwicklungschemische Untersuchungen an Organismen.

Die Modellversuche hatten uns genügend tiefen Einblick gegeben, daß wir entwicklungschemische Vorgänge an Organismen studieren konnten. Wir studierten einige Fälle von Pigmentbildung in Pflanzen:

I. Sarothamnus-Typus.

Die Hülsen des Besenginsters (Sarothamnus scoparius Wimm.) sind zunächst grün gefärbt und werden am Ende ihrer Entwicklung schwarz. Der braunschwarze Farbstoff gehört in die Gruppe der Melanine. Damit sich die Hülsen schwärzen können, muß vorher eine Farbstoffvorstufe, ein Melanogen, gebildet sein. Dieser Stoff ist, wie wir fanden[25], ein Derivat des Brenzcatechins. Wir stellten fest, daß schon die grünen Hülsen des Besenginsters alles in genügender Menge enthalten, was zum Dunkeln nötig ist, nur Sauerstoff nicht. Daher dunkeln die Hülsen, wenn es dem Sauerstoff irgendwie möglich wird, in genügender Menge in die melanogenführenden Schichten einzudringen. Gewiß sind in den grünen Hülsen stets geringe Mengen Sauerstoff vorhanden, die unter optimalen Umständen ausreichen würden, Melanin entstehen zu lassen. Doch ist durch ungünstige Wasserstoffionenkonzentration, verbunden mit sauerstoffzehrenden Konkurrenzreaktionen, dafür gesorgt, daß diese geringe Menge Sauerstoffs in den Hülsen vor der Reife kein Melanin entstehen lassen kann. Sobald aber die Sauerstoffkonzentration so stark erhöht wird, daß die Konkurrenzreaktionen die Sauerstoffkonzentration nicht mehr niedrig genug halten können, dunkeln die Hülsen. Diesen einfachen Komplex von Bedingungen nennen wir „Sarothamnus-Typus".

In der Natur werden die Hülsen des Besenginsters normalerweise dann schwarz, wenn die Durchlässigkeit der Cuticula für Sauerstoff durch Austrocknen vergrößert wird. Auch kann das Austrocknen dazu führen, daß Lebensprozesse erlahmen, die begieriger Sauerstoff verschlingen als das Melanogen.

Der Sarothamnus-Typus ist in der Natur sehr häufig. Die Fruchthülle der Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum L.), das Fruchtfleisch des Apfels (Pirus Malus L.) und der Birne (Pirus communis L.), ferner verschiedene Pilze, wie der Hexenpilz (Boletus miniatoporus Secr.), gehören hierher. Man kann diesen Typus leicht daran erkennen, daß der betreffende Organismenteil sauer reagiert und an einer geritzten Stelle unter dem Einfluß des Luftsauerstoffs in wenigen Minuten dunkelt (Fig. 7). Beim Besenginster

Fig. 7. In der unteren Sarothamnus-Hülse (nat. Größe) ist das eingeritzte Wort „Melanin" braunschwarz geworden. Die obere Hülse wurde nicht geritzt.

genügt schon vorsichtiges Abwischen des Reifes, die Hülsen schnell dunkeln zu lassen.

II. Vicia-Typus.

Einen äußerlich ähnlichen Farbwechsel wie die Hülsen des Besenginsters zeigen die Hülsen der Saubohne (Vicia Faba L.). Auch diese werden erst gegen Ende ihrer Entwicklung schwarz. Doch liegen die Verhältnisse hier komplizierter als

[24] In diesem Zusammenhange erinnere ich an WINKLERS Konversionshypothese. Vgl. S. 211.

[25] H. SCHMALFUSS, H. BARTHMEYER und H. BRANDES, Biochem. Zeitschr. **189**, 230–232. 1927; **190**, 424–432. 1927.

beim Besenginster. Zwar ist auch hier schon in den jungen grünen Hülsen qualitativ alles vorhanden, was für das Entstehen von Melanin nötig ist. Doch genügt erhöhte Sauerstoffzufuhr nicht, die Hülsen der Saubohne schnell dunkeln zu lassen. Die Atmungsprozesse zehren nur um so begieriger den Sauerstoff fort. Werden die Hülsen jedoch in geeigneter Weise abgetötet, so dunkeln sie schnell. Es wäre aber falsch, daraus zu schließen, die sauerstoffzehrenden Atmungsprozesse der Hülsen seien allein für das Grünbleiben der jungen Hülsen verantwortlich. Es sind auch andere Bedingungen ungünstig, nämlich außer der Sauerstoffkonzentration auch noch die Wasserstoffionenkonzentration und die Fermentkonzentration. Es ist prinzipiell gleichgültig, welche der Bedingungen vorwiegend günstiger gestaltet wird. Immer läßt sich künstlich Dunkelung herbeiführen.

In der Natur werden die Hülsen der Saubohne normalerweise dadurch schwarz, daß gleichzeitig mehrere der ungünstigen Bedingungen günstiger gestaltet werden. In Betracht kommen vor allem das Aufhören der sauerstoffzehrenden Atmungsprozesse und das Austrocknen mit seinen Folgeerscheinungen, wie Durchlässigerwerden der Cuticula sowie Anwachsen der Fermentkonzentration etwa auf das zwanzigfache der ursprünglichen Konzentration.

Der Regulationsmechanismus, der verhindert, daß vorzeitig Melanin entsteht, ist, wie wir gesehen haben, besonders fein. Dies weist auf wichtige Aufgaben der Farbstoffvorstufe hin. Die Erscheinungen stehen im guten Einklang mit der Vorstellung von A. Bach[26], daß derartige Farbstoffvorstufen als Oxydationsvermittler beim Atmungsprozeß dienen. Hierbei entstehen vorübergehend nichtschwarze Oxydationsstufen, die ihrerseits z. B. Kohlenhydrate oxydieren und dabei selbst wieder zur Farbstoffvorstufe reduziert werden. Würde aber Melanin entstehen, so wäre die Farbstoffvorstufe gleichsam „totgebrannt", und der Atmungsvorgang käme zum Stillstand. Hört physiologisch der Atmungsprozeß auf, so geht die Farbstoffvorstufe in Melanin über, weil dieser Vorgang nicht an das Leben geknüpft ist.

Aus dem kurzen Überblick geht hervor, wie wichtig es ist, daß die Chemie mehr als bisher für Zwecke der Vererbungswissenschaft und Entwicklungsforschung herangezogen wird. Die Probleme der nahen Zukunft liegen vornehmlich auf dem Gebiet der *„Entwicklungschemie"*. Wir werden die Untersuchungen auf weitere Organismen, vor allem auf Insekten, ausdehnen.

Herrn Professor Dr. H. Winkler in Hamburg spreche ich auch an dieser Stelle für seinen wertvollen Rat meinen herzlichen Dank aus, ebenso meinen Mitarbeitern, den Herren Dr. Werner, Dr. Lindemann, Dr. Müller, Dr. Spitzer, Fräulein Dr. Barthmeyer und Herrn Brandes.

[26] Literatur bei A. Oparin, Biochem. Zeitschr. **182**, 155–179. 1927.

Zuschriften.

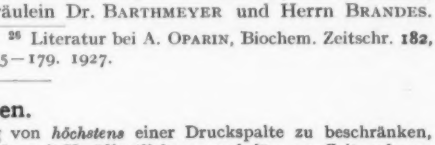
Der Herausgeber bittet, die *Zuschriften* auf einen Umfang von *höchstens* einer Druckspalte zu beschränken, bei längeren Mitteilungen muß der Verfasser mit Ablehnung oder mit Veröffentlichung nach längerer Zeit rechnen.

Für die Zuschriften hält sich der Herausgeber nicht für verantwortlich.

Über den Ursprung der grünen Nordlichtlinie.

Mit einer interferometrischen Apparatur nach Pérot-Fabry als optischer Anordnung und einem Entladungsrohr geeigneter Konstruktion als Lichtquelle, in welcher ein Magnetfeld durch ein stromdurchflossenes Solenoid erzeugt wird, das mit mehreren Zentnern Kupferdraht bewickelt ist, wird der Zeemaneffekt (Longitudinaleffekt) der grünen Nordlichtlinie λ 5577,35, die in einem Gemisch von Sauerstoff und Argon lichtstark angeregt wird, untersucht und gemessen. Während McLennan, McLeod und McQuarrie, die den Longitudinaleffekt der Linie mit dem Stufengitter untersuchen und ihre Zerlegung in ein Dublett mit doppeltnormaler Aufspaltung während einer Beobachtungsdauer von zwei Sekunden visuell abschätzen, ergibt die Auswertung unserer Photogramme ein Dublett *mit dreifach normaler Aufspaltung*. Auf Grund dieser Beobachtung gelingt es, die grüne Nordlichtlinie in das Termsystem des Spektrums des neutralen Sauerstoffatoms (Bogenspektrum) einzuordnen.

Das O-Atom hat außerhalb der K-Schale die Elektronenanordnung s^2p^4, die zugehörigen Terme sind ^3P, ^1D, ^1S, von denen ^3P als Grundterm des Sauerstoffspektrums beobachtet ist. Unter gewöhnlichen Entladungsbedingungen sind Übergänge zwischen diesen (metastabilen) Termen „verboten". Wenn jedoch durch weitgehende Verdünnung des Gases — sei es wie in der oberen Atmosphäre oder im Laboratorium durch Zusatz von Edelgasen — die Häufigkeit der Energieübertragung durch Stöße zweiter Art weitgehend verringert ist, kehren die Sauerstoffatome unter Emission von Strahlung in den Grundzustand zurück. Dabei sind folgende Kombinationen zu erwarten:



Die grüne Nordlichtlinie λ 5577,35 ist die Kombination $^3P_1 - {}^1S_0$ auf Grund ihres Zeemaneffektes. Ihre Anregungsspannung beträgt 2,23 Volt. — Nach den Kombinationen $^3P_1 - {}^1D_2$ und $^3P_2 - {}^1D_2$, welche weiter im Rot zu erwarten sind und den Abstand von $\nu = 159\,\mathrm{cm}^{-1}$ haben müssen, wird gesucht. Die ausführliche Mitteilung erscheint nach meiner Rückkehr ins Göttinger Physikalische Institut.

Tokyo, Institute of Physical and Chemical Research, den 1. Februar 1928. L. A. Sommer.

Bandenspektren und Elektronenterme der Moleküle Na_2, NaK und K_2.

Nach der Franckschen Theorie der Konvergenz von Molekülschwingungsquanten entspricht jede Kon-

vergenzstelle eines Bandenspektrums der Dissoziation des Moleküls. Kennt man die Konvergenzstellen der Schwingungsquanten des Moleküls im Grundzustand des Elektronensystems und in einem angeregten Zustand, so liefert die Differenz der Konvergenzstellen die Atomanregung der Dissoziationsprodukte. Die in den Dämpfen von Na, K und ihrem Gemisch auftretenden Bandenspektren liefern Kernschwingungsserien des normalen und des angeregten Molekülzustandes, und durch Extrapolation der Serien auf ihre Konvergenz kann man die Elektronenanregung der Dissoziationsprodukte ermitteln und daraus Anhaltspunkte für die Termordnung der Moleküle erhalten.

Zunächst wurde, um die Zuordnung der Bandenspektren, die in den Dämpfen von K und Na auftreten, zu den Molekülen Na_2, NaK und K_2 sicherzustellen, auf Absorptionsaufnahmen am 1-m-Gitter nach dem Auftreten des Isotopieeffektes im gelbroten K_2-System gesucht und die für die Moleküle $(K_{39})_2$ und $K_{39}K_{41}$ berechneten Verschiebungen der Bandkanten innerhalb der Meßgenauigkeit gefunden. Zusammen mit der Untersuchung von CARELLI und PRINGSHEIM[1], die inzwischen erschien, ist also jetzt der Beweis für die Träger dieser Bandenspektren endgültig erbracht.

Es wurde dann das zwischen 8000 und 9000 AE. liegende Bandensystem in K_2 und das NaK-System in der Gegend der D-Linien in Absorption photographiert und aus der Einordnung folgende Kantenformeln erhalten:

$$K_2\colon\ \nu = 11574{,}9 + (71{,}03\,n' - 0{,}40\,n'^2) - (91{,}10\,n'' - 0{,}30\,n''^2)$$

$$NaK\colon\ \nu = 16967{,}9 + (69{,}44\,n' - 1{,}03\,n'^2) - (122{,}89\,n'' - 0{,}40\,n''^2)$$

Damit sind jetzt je zwei Systeme im Na_2 und K_2 und ein NaK-System eingeordnet[2].

Die Extrapolation auf die Konvergenzen geschah in der von BIRGE und SPONER[3] angegebenen Weise, $\Delta\nu$ gegen n aufzutragen und geradlinig gegen Null zu extrapolieren. Die Kürze der beobachteten Serien ergibt dabei eine große Ungenauigkeit, die Resultate werden aber eindeutig, da als Atomanregung nur wenige weit getrennte Werte in Frage kommen.

Zunächst fällt beim NaK-System die Anregungsspannung der Resonanzlinien des K-Atoms innerhalb der erzielten Genauigkeit in den Abstand der Konvergenzen des Grundzustandes und des angeregten Zustandes, die Na-Resonanzspannung dagegen nicht, d. h. es liegt der Prozeß $NaK \rightarrow Na + K^*$ vor.

Weiterhin decken sich die Fehlergebiete der Konvergenzen der angeregten Zustände im roten und grünen Na_2-Systeme teilweise, und die mutmaßliche gemeinsame Konvergenzstelle liegt etwa um die Anregungsspannung der D-Linien oberhalb der Konvergenz des Grundzustandes. Anscheinend liegen die Verhältnisse bei den beiden K_2-Systemen ganz analog.

Es ergibt sich also, daß bei Na_2 und K_2 je 2 Systeme vorliegen, die zur gleichen Atomanregung führen, wenn man die angeregten Moleküle dissoziieren läßt. Der Grundzustand ist nach MULLIKEN[1] ein ^1S-Term. Die beiden angeregten Niveaus können nicht beide ^1P-Terme sein. Wegen der beiden äußeren Elektronen sind Singulets und Triplets zu erwarten. Daß beide Niveaus dem gleichen Triplet angehören, ist unwahrscheinlich wegen der Größe der Aufspaltung, wie ein Vergleich mit dem Ca-Atom ergibt. Es fehlt auch der 3. Term. Am wahrscheinlichsten ist es also, daß der höhere Anregungszustand ein ^1P-Term ist, der tiefere ein ^3P-Term. Diese Zuordnung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch das Intensitätsverhältnis — die Interkombination $^1S - {}^3P$ kommt viel schwächer — und durch den Vergleich mit dem Ca-Termschema. Die Übergänge zu den beiden anderen Triplettermen sind nicht beobachtet worden, es scheint also, mindestens für geringe Rotationsenergien, dasselbe Auswahlprinzip der inneren Quantenzahl zu gelten wie bei den Atomen. Demnach sind bei Na_2 und K_2 metastabile Molekülzustände zu erwarten. Die weiteren Untersuchungen sollen ergeben, ob Anhaltspunkte dafür zu finden sind, und welchen Atomtermen weitere Systeme zuzuordnen sind. Insbesondere wird ein System im NaK zu suchen sein, das dem Übergang $NaK \rightarrow Na^* + K$ entspricht.

Göttingen, II. Physikalisches Institut der Universität, den 28. Februar 1928. R. RITSCHL. D. VILLARS.

[1] Zeitschr. f. Phys. **44**, 643. 1927.

[2] Vgl. LOOMIS, Phys. rev. **29**, 607. 1927; FREDERICKSON, WATSON und RINKER, Phys. rev. **29**, 917. 1927; FREDERICKSON und WATSON, Phys. rev. **31**. 1927.

[3] Phys. rev. **28**, 259. 1926.

Zur Frage nach der Natur der Kugelblitze.

Der Artikel der Herren BRASCH, LANGE, URBAN in Naturwissenschaften **16**, 115—16. 1928, über die Erzielung extremer elektrischer Potentiale mittels atmosphärischer Gewitterelektrizität veranlaßt mich zur Mitteilung einer etwas älteren Überlegung. Über die Entstehung und Natur der Kugelblitze wissen wir nichts Genaues. Sie entstehen nur bei den extremen Potentialdifferenzen während der Gewitter. Die verschiedenen Erklärungsversuche erscheinen wenig plausibel. Da nun bei Gewittern Potentialdifferenzen von Hunderten von Millionen Volt vorkommen, die während der Blitzentladung zu unkontrollierbar hohen lokalen Potentialdifferenzen führen könnte, scheint es mir nicht unmöglich, daß dabei eine lokale Atomzertrümmerung eingeleitet werden kann (α-Strahlen des Ra entsprechen einer Potentialdifferenz von 12×10^6 Volt).

Es scheint mir daher nicht unmöglich, daß Kugelblitze derartige lokale Zertrümmerungen wahrscheinlich atmosphärischer Atome (Stickstoff?) darstellen, die nach Aufhören der äußeren Anregung langsam erlöschen. Der Kern des Kugelblitzes wäre danach ein für kurze Zeit radioaktiviertes Zentrum. Der einzige Fall, wo eine kugelblitzähnliche Erscheinung außerhalb eines Gewitters mit Sicherheit festgestellt wurde, trat bei einer Überlandleitung in Schweden auf (vgl. W. BRAND, Der Kugelblitz. Hamburg 1923), wobei atmosphärische Elektrizität mitgespielt haben mag. Die im obengenannten Artikel beschriebene Vorrichtung könnte evtl. dazu dienen, Kugelblitze zu erzeugen und zu studieren.

Berlin-Neubabelsberg, den 27. Februar 1928.
K. F. BOTTLINGER.

[1] Phys. rev. **28**, 1216. 1926.

Besprechungen.

BOWIE, WILLIAM, **Isostasie.** New York: E. P. Dutton & Cie. 1927. XIV, 275 S. 14×21 cm. Preis 5 Dollar.

Die Lehre von der Isostasie oder dem Gleichgewichtszustande der Erdkruste wurde zuerst im engsten Zusammenhange mit den Triangulierungen und Schweremessungen in Indien von PRATT als Hypothese ausgesprochen, worauf AIRY eine physikalische Erklärung hinzufügte. Aber erst durch die umfassenden Untersuchungen der amerikanischen Geodäten, welche die gesamte Reduktion ihrer Beobachtungen aus diesem

Gesichtspunkte durchführten, wurde die Allgemeinheit dieser Grundlage erkannt und seither kann die Isostasie als ein geodätisches und geologisches Prinzip gelten. In der Tat kann nun keine geologische Theorie mehr aufgestellt werden, ohne auf die Forderungen der Isostasie Rücksicht zu nehmen. BOWIE selbst war in erster Linie an diesen Reduktionen beteiligt und ist daher der berufenste Mann, ein zusammenfassendes Werk über den praktischen und wissenschaftlichen Wert dieses Prinzipes zu liefern.

BOWIE unterscheidet drei Arten von Isostasie, welche mit den Namen PRATT, AIRY und WEGENER verknüpft werden. Er selbst steht fest auf dem Boden der ersten dieser Theorien, nach welcher die Kompensation durch Dichteunterschiede herbeigeführt wird, die bis zu einer gewissen Tiefe gleichmäßig verteilt sind. Die beiden anderen Theorien, die aber eigentlich nur Abarten einer und derselben Hypothese sind, da sie beide auf dem Begriff des Schwimmens der Schollen der Erdkruste auf einem plastischen Untergrunde beruhen, werden von BOWIE abgelehnt, doch scheinen mir die Gegenargumente nicht ganz stichhaltig zu sein.

Das Buch stellt sich nun die Aufgabe, nicht nur den Begriff der Isostasie und ihre Anwendung auf Lotstörungen und Schwereanomalien darzulegen, sondern es soll auch gezeigt werden, daß das Prinzip der Isostasie bei der Gebirgsbildung eine wichtige Rolle spielt. Auf die ständige Wiederherstellung des Gleichgewichtes, welches durch Erosion und Sedimentation fortwährend gestört wird, baut der Verfasser im Zusammenhang mit gewissen Temperaturvorgängen eine vollständige Theorie der Gebirgsbildung auf.

Die PRATTsche Theorie verlangt, daß unter einer Erhebung der Erdoberfläche geringere Dichte herrscht, so daß auf einer in hinlänglicher Tiefe befindlichen Fläche überall der gleiche Druck liegt. Nach BOWIE ist die Verringerung der Dichte in einem ursächlichen Zusammenhang mit der Erhebung. Der Vorgang verläuft vollständig cyclisch. Man denke sich als Ausgangssituation ein großes Gebirge in isostatischem Gleichgewichte, welches durch Erosion abgetragen wird. Dort, wo durch Erosion Masse entfernt wird, muß sich der Boden heben, weil infolge der Verringerung des Gewichtes in den unteren Schichten seitlich magmatische oder plastische Massen eingepreßt werden. Da deren Dichte größer ist als die der erodierten Massen (ca. 10%), so ist die Erhebung viel geringer als der Betrag der Erosion, so daß die erodierte Fläche um etwa 10% des Betrages der Erosion erniedrigt wird. Neben dem Gebirge häufen sich die Sedimente im seichten Wasser an, und ihr Gewicht drückt den Boden des Meeres hinab. Dabei werden aus dem Untergrunde entsprechende Massen plastischen Materials hinausgedrängt, wegen des Dichteunterschiedes aber wieder weniger als die Dicke der Sedimente ausmacht. Der obere Rand der Sedimente erhebt sich also nur um einen Bruchteil der gesamten Dicke. Dieser Vorgang, bei welchen die durch Erosion aufgetragenen Massen von unten her großenteils ersetzt werden, während die Sedimente in den Boden versinken, erklärt, wieso die Sedimente Beträge erreichen können, die das Volumen eines normalen Gebirges um ein Vielfaches überschreiten.

Durch das Absinken der Sedimente gelangen dieselben mit der Zeit in Tiefen, in welchen sie eine höhere Temperatur vorfinden. Sie werden sich erwärmen und es tritt nun zunächst die gewöhnliche Ausdehnung durch Wärme ein, wodurch die Sedimente gehoben werden. Dies ist der Anfang einer neuen Gebirgsbildung. Diese Erhöhung würde aber nicht ausreichen; es muß dazu noch eine physikalische oder chemische Volumänderung treten, deren Charakter aber nicht bekannt ist. SANDBERG denkt an den Dampfdruck, der aus der von den Sedimenten mitgeführten Feuchtigkeit entsteht. Man könnte auch die nicht unwesentliche Volumvergrößerung der Quarzkrystalle beim Schmelzen heranziehen. Die unter den erodierten Flächen gehobenen Massen kommen in geringere Temperaturen, ziehen sich zusammen und es entsteht eine Synklinale, die nun ihrerseits wieder Sedimente aufnehmen kann. Das Wesentliche an dieser Theorie ist, daß das Eintreten dieser Wärmeerscheinungen mit einer großen Verspätung verbunden ist. Erst wenn der Sedimentierungsprozeß beendet, die Gebirgsmasse bis zur Basis abgetragen ist, dann erst würden sich die Sedimente zu heben beginnen. In dieser Phasenverschiebung liegt aber nach der Meinung des Referenten der schwache Punkt der Theorie. Das Absinken der Sedimente und das Aufsteigen der erodierten Flächen vollzieht sich mit solcher Langsamkeit, daß man nicht recht einsieht, warum die Wärmeprozesse nicht wenigstens beiläufig gleichen Schritt halten und sich gleich um viele Millionen Jahre verzögern sollten. Wenigstens die tiefsten Sedimente werden in die notwendige hohe Temperatur geraten, und mit der Ausdehnung beginnen. Das weitere Absinken der Sedimente wird dadurch verhindert und der Vorgang gelangt zum Stillstand.

Die großen Falten, welche wir in den Oberflächenschichten bemerken, sollen nur auf die Unregelmäßigkeiten bei der Hebung und Senkung zurückzuführen sein. Horizontale Verschiebungen, wie sie die Geologie bisher angenommen hat, soll es nicht geben. Horizontale Verschiebungen treten nur im Untergrund in den plastischen Massen auf, während der Transport an der Oberfläche nur durch das Wasser besorgt wird. Dieser Umstand erscheint keineswegs einleuchtend, wenn man bedenkt, daß gerade in den letzten Jahren die Theorie der Deckfalten sich durchgesetzt hat. Immerhin wissen wir heute nicht, woher der seitliche Schub gekommen ist, der diese Deckfalten gebildet hat, und so ist in der einen Theorie ebensoviel unsicher und ungewiß wie in der anderen. Jedenfalls gibt uns BOWIE ein vollständig geschlossenes Bild der Entwicklung eines Gebirges aus den Sedimenten und seiner Vernichtung durch die Erosion, und wenn auch manches dabei unklar bleibt, so wird doch mancher Zug des geologischen Geschehens, der bisher unverständlich war, in überraschender Weise erklärt. A. PREY, Prag.

HEVESY, GEORG v., **Das Element Hafnium.** Berlin: Julius Springer 1927. IV, 49 S. u. 23 Abb. 14×22 cm. Preis RM 3.60.

Die vorliegende Monographie gibt eine erschöpfende Darstellung unserer derzeitigen Kenntnisse über die Eigenschaften des Elements Hafnium, dessen 1923 erfolgte Entdeckung einen Triumph der modernen Theorien der Atomstruktur und der Röntgenspektroskopie bedeutete.

BOHR hatte bei seiner Deutung des periodischen Systems im Sinne der Quantentheorie vorausgesagt, daß das Element 72, das bisher zu den seltenen Erden gezählt wurde, ein Titanhomolog sein müsse. Diese Voraussage veranlaßte den Verfasser in Gemeinschaft mit COSTER nach diesem noch unbekannten Element zu suchen, und zwar mit voller Überlegung zunächst in Zirkonmineralien, in welchen auch schon durch die ersten röntgenspektroskopischen Untersuchungen die Anwesenheit des neuen Elements festgestellt werden konnte. Zum erstenmal wurde dem Chemiker bei der Suche nach einem neuen Element in so klarer Weise von der Theorie der Weg gewiesen. Dies ist auch die Ursache des raschen Erfolges eines Forscherpaares,

das souverän die modernste Methodik chemischer und physikalischer Forschung beherrschte. In intensivster Arbeit weniger Jahre wurde im Kopenhagener Laboratorium, wo die Entdeckung erfolgte (Kopenhagen = lat. „hafniae"), das neue Element erforscht, so daß heute seine wichtigsten physikalischen und chemischen Konstanten festgelegt und seine chemischen Eigenschaften in weitem Maße bekannt sind.

In sieben Kapiteln bespricht der Verfasser 1. die Entdeckung des Elements; 2. die verschiedenen zur Trennung des Hafniums von Zirkonium angewandten Methoden; 3. die Eigenschaften des Elements; 4. die analytische Chemie desselben; 5. Vorkommen und Häufigkeit des Hafniums; 6. den Hafniumgehalt der Zirkoniumpräparate, und das Atomgewicht des Zirkoniums, das durch die bisher nicht vermutete Anwesenheit des schwereren Hafniums erhöht wird; und 7. die außerordentliche Ähnlichkeit zwischen Hafnium und Zirkonium sowie deren Erklärung.

Jedem Chemiker muß die außerordentlich klar geschriebene Monographie willkommen sein, da sie ihm eine ausgezeichnete Übersicht über das so interessante und infolge seiner großen Verbreitung relativ leicht zugängliche neue Element bietet, das naturgemäß noch in keinem der großen Handbücher Aufnahme gefunden hat. Otto Hönigschmid, München.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Die Elektrodialyse in der Biochemie. (Charles Dhéré, Kolloid-Zeitschr. 41, H. 3, S. 243—258. 1927.) Verf. hebt zunächst die Tatsache hervor, daß die Elektrodialyse, deren Wert für die Trennung und Reinigung von Biokolloiden aus zahlreichen einschlägigen Arbeiten hervorgeht, in den führenden Lehr- und Handbüchern mit vereinzelten Ausnahmen nicht oder ungenügend besprochen wird. Verf. schildert ferner mehrere Typen der von ihm in den Jahren 1909—1910 zur Reinigung von Gelatine und Serum verwendeten Elektrodialyseanordnungen. Dieselben bestehen im wesentlichen aus einem U-Rohr, in welches entweder die zu reinigende Flüssigkeit eingefüllt, mit Wasser überschichtet und vermittels zweier Platinelektroden einem elektrischen Stromabfall ausgesetzt wird, oder die Öffnungen des U-Rohres werden durch Kollodiummembranen in Form kleiner Säcke verschlossen und um 180° gedreht, während ein oben angeschmolzenes Rohr das Füllen der Flüssigkeit ermöglicht. Die Vorteile der Elektrodialyse als Reinigungsverfahren werden vom Verf. an Beispielen aus seiner eigenen Erfahrung erläutert und dahin zusammengefaßt, daß es auf diese Weise möglich sei, einerseits die Geschwindigkeit der Elimination von ionogenen Verunreinigungen aus Serum in einem Stadium der Entmineralisation bedeutend zu erhöhen, wo die gewöhnliche Dialyse nur mit großer Langsamkeit wirkt. Andererseits vermag aber auch die Elektrodialyse nicht mehr zu beseitigende Elektrolytreste aus Biokolloiden zu entfernen. Verf. erörtert ausführlich die Frage, durch wen, wann und wie die Elektrodialyse in die Biochemie eingeführt worden ist. Dhéré weist darauf hin, daß Morse und Pierre, von denen bekanntlich die ersten Angaben über ein Elektrodialyseverfahren stammen, die großen Vorteile desselben nicht hervorgehoben haben und versucht nachzuweisen, daß der größte Teil aller späteren Elektrodialyseuntersuchungen an seine eigenen Arbeiten anknüpft. Verf. lehnt die Bezeichnung „Elektroosmose" ab und weist darauf hin, daß der Ausdruck „Elektrodialyse" zum erstenmal von französischen Autoren verwendet worden ist. Verf. bespricht schließlich einige Eigenschaften der durch Elektrodialyse gereinigten Proteine, so die elektrische Leitfähigkeit, Reaktion gegen Lakmus, elektrische Ladung, Opalescenz hochgereinigter Gelatine, Thermo-Kryokoagulation und weist auf die Übereinstimmung der von ihm seinerzeit gefundenen Resultate mit den Ergebnissen der modernen Eiweißforschung hin. (Ber. üb. d. gesamt. Physiol. u. experim. Pharmakol. Bd. XLI, H. 3/4.) Mona Spiegel-Adolf.

Die Sojabohne als menschliche Nahrung. (A. A. Horvath, Peking: Chinese government bureau of economic information 1926. 86 S.) In der Einleitung, die von Macey F. Deming verfaßt ist, wird ausgeführt, daß man der Lösung des Weltproblems der Unterernährung als Folge der ständig zunehmenden Übervölkerung der Erde durch einen wohlorganisierten Feldzug für eine vernünftige und ausgedehnte Verwendung der Soja in der Volksernährung der weißen Rasse als billigste Quelle vollwertigen Eiweißes und Fettes näherkommen könnte. In den ersten Kapiteln wird über Verbreitung und Anbau der Soja in Ostasien berichtet und die Zusammensetzung der verschiedenen mandschurischen, japanischen und amerikanischen Varietäten zusammengestellt. Dann folgt eine allgemeine Besprechung der Bedeutung der Soja als menschliches Nahrungsmittel. Im Detail wird dann ausgeführt: Das Öl der Soja wird in größtem Maßstabe sowohl in Ostasien (Mandschurei) als auch in Europa und Amerika durch Pressen oder Extraktion gewonnen. Die Bohne selbst enthält in beträchtlichen Mengen Vitamin A. Das durch Pressen gewonnene Öl ist nach Hornemann frei davon, während das durch Extraktion gewonnene Öl den A-Nährfaktor enthält. Es werden eine Reihe von Methoden zur Reinigung des Sojaöls und die wichtigsten Verwendungsarten desselben unter Erwähnung einer Reihe der hier führenden Großindustrien angeführt. Die *ganze Sojabohne* wird verwendet: in halbreifem Zustande als grünes Gemüse; in gekochtem Zustande nicht so ausgedehnt, da die reifen Samen besonders in hartem Wasser sich sehr schwer weich kochen lassen und auch ihre Verdaulichkeit bei dieser Methode der Zubereitung leidet; geröstet als Kaffeeersatz; Sojasprossen als grünes Gemüse. *Sojabohnenpreßkuchen* enthalten immer noch 5—8% Fett. Der größte Teil desselben, der aus der Mandschurei stammt, wird von Japan als Dünger aufgekauft. Trotz der großen Ökonomie in der Verwendung von Nahrungsmitteln in China werden diese Rückstände der mandschurischen Ölmühlen trotz des hohen Eiweißgehaltes nur in Hungersnöten als menschliche Nahrung verwendet, da sie sehr rasch und leicht schimmelig und ranzig werden, nach kurzer Zeit einen bitteren Geschmack entwickeln und dann auch direkt gesundheitsschädlich wirken. *Extrahiertes Sojamehl.* Extrahiert werden die zerkleinerten Bohnen meist mit Benzin, gelegentlich auch mit Alkohol. Manche Großindustrien verwenden auch ein kombiniertes Preß-Extraktionsverfahren, wodurch sich die Ausbeute an Fett wesentlich steigern läßt. Aus den entölten Rückständen kann ein Mehl gewonnen werden. Es wird unter anderem in China und Japan in der Volksernährung verwendet und kommt auch in verschiedenen Formen auf den amerikanischen Markt. Unter den verschiedenen Arten derartiger extrahierter Sojamehle wird das nach dem Ehrhorn-Verfahren (Patent) hergestellte Produkt ausführlicher beschrieben. Der Nachteil aller dieser aus Extraktionsrückständen hergestellten Mehle und Produkte liegt in Schädigung der Eiweißkörper und Vernichtung des Vitamingehalts,

bedingt durch den innigen Kontakt mit den Fettextraktionsmitteln; daß sie im Preise billiger sein müssen als die aus den Vollsamen hergestellten Produkte, liegt auf der Hand. Ihr Eiweißgehalt ist hoch. *Haltbares Sojamehl* aus den ganzen Bohnen nach BERCZELLER (Patent). Ein längerer Abschnitt ist diesem Sojamehl gewidmet, welches den vollen Fett-Vitamingehalt des ganzen Samens und dessen Eiweißkörper in ungeschädigter Form enthält, wobei das Mehl trotzdem nicht ranzig wird. Die verschiedensten Verwendungsarten dieser Produkte (Übersichtstabelle ihrer Zusammensetzung) werden besprochen, so die Verarbeitung des Sojamehles (extrahiert oder nichtextrahiert) auf Würzen, Saucen, seine Verdaulichkeit, seine Bedeutung in der medizinischen Diätetik und für die Kinderernährung usw. *Sojamilch.* Ihre Herstellung wird beschrieben. Sojamilch wird in Ostasien in ausgedehntem Maße verwendet, sowohl direkt als auch in der Form von Kondensmilch und Milchpulver. Es gibt eine ganze Reihe von patentierten Methoden zur Herstellung von Sojamilch, und es wurde in Europa verschiedentlich der Versuch gemacht, diese vegetabilische Milch allgemein einzuführen. Für spezielle diätetische Zwecke kann sie gelegentlich der Kuhmilch vorzuziehen sein. Der große Vorteil liegt in der weitaus größeren Billigkeit. (Tabelle über die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Produkte.) *Sojakäse* (Tofu). Tofu gehört zu den Nationalspeisen in Ostasien und wird in der mannigfaltigsten Weise verwendet und weiter verkocht. Es wird angegeben, daß auf den Kopf in Indochina ca. 300—400 g täglich verbraucht werden. Die chemische Zusammensetzung der verschiedenen Produkte ist in Tabellenform zusammengestellt. *Fermentierte Sojaprodukte.* Das Schlußkapitel beschäftigt sich mit den fermentierten Produkten, wie die verschiedenen Arten der Sojasaucen (Miso) usw., wobei die Sojabohnen oft jahrelang mit verschiedenen Aspergillusarten und bestimmten Bakterien gären (Zusammenstellung der chemischen Zusammensetzung der betreffenden Produkte). Am Schlusse plädiert der Autor für die Errichtung eines Spezialinstitutes zur weiteren Erforschung der Soja als menschliches Nahrungsmittel. Das Buch ist deshalb für alle diejenigen, die sich mit dem Sojaproblem beschäftigen, wertvoll, da hier eine Reihe von Daten zusammengestellt sind, die sich in der sonstigen Literatur über den Gegenstand nur schwer oder überhaupt nicht finden lassen. (Ber. üb. d. gesamt. Physiol. u. experim. Pharmakol. Bd. XLI, H. 3/4.) WASTL.

Untersuchungen über die Einwirkung eines Rückganges der Bienenzucht auf den Samenertrag einiger landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. (ERICH FECHNER, Arch. f. Bienenkunde Jg. 8, H. 2/3, S. 1—72. 1927.) Verf. untersuchte den Einfluß des Blütenbesuchs der Honigbiene (Apis mell.) und der Hummeln (Bombus) auf die Befruchtung und den Samenertrag von landwirtschaftlichen Kulturgewächsen in den Jahren 1923 und 1924, welche in ihren Witterungsverhältnissen während der Blütezeit der betreffenden Pflanzen extrem abweichende Verhältnisse zeigten. 1923 war die Niederschlagsmenge gering, die Sonnenscheindauer lag über dem Durchschnitt einer Periode von 25 Jahren. Dagegen brachte der Sommer 1924 reichliche Niederschläge bei verhältnismäßig geringer Temperatur und wenig Sonnenschein, so daß die Blühverhältnisse wie auch die Flugtätigkeit der Insekten sehr ungünstig waren. Die Versuche wurden mit Hilfe der Einschlußmethode unter Gazekästen durchgeführt. Verwendet wurden je 3 Kästen von 140 cm Höhe und 200×85 cm Grundfläche (in einem Falle auch von 100×100 cm Grundfläche). Für jeden Versuch wurde ein über die Pflanzen gesetzter Kasten von Insekten freigehalten, einer wurde mit Bienen besetzt (kleines Volk in Königin-Zuchtkasten), einer mit Hummeln (Bomb. variabilis; ein ausgegrabenes Nest wurde im Versuchsbeet eingesetzt). Ein gleichgroßes Stück wurde auf dem Versuchsfeld abgesteckt und frei beobachtet. Von den untersuchten Pflanzen kommt beim Raps (Brassica napus oleifera) als Hauptbestäuber nur die Honigbiene in Frage, deren Tätigkeit gegenüber erzwungener Selbstbefruchtung den Samenertrag um 53,4% erhöht und außerdem auch die Schädlichkeit des Rapsglanzkäfers (Meligethes aeneus) herabmindert. Der vom Bienenbeet gewonnene Samen zeigt die beste Keimenergie und Keimfähigkeit. Die erzwungene Autogamie liefert die schlechtesten Resultate. Beim Senf (Sinapis alba) ergibt sich ein analoges Bild, nur tritt hier die Bestäubung durch die Hummeln mehr in Erscheinung. Der Rotklee (Trifolium pratense) wird hauptsächlich von Hummeln bestäubt, besonders in der 1. Blüte. Beim Bastardklee (Trif. hybridum) dagegen stellt die Honigbiene die Mehrzahl der Blütenbesucher und -bestäuber. Die Honigbienen besuchen die Rotkleeblüten häufig räubernd, indem sie die von den Hummeln, besonders von B. terrestris in die Krone gebissenen Löcher benutzen. Daß die Bienen selber Löcher beißen, wurde nicht beobachtet. Beim Rotklee zeigte der Samen des Bienenbeetes, beim Bastardklee der des Hummelbeetes erhöhte Hartschaligkeit. Bei der Luzerne (Medicago sativa) tritt besonders zu Beginn der Blühperiode die Honigbiene in großen Mengen als Blütenbesucher auf; jedoch wird der zur Bestäubung führende Explosionsmechanismus meistens durch die Bienen nicht ausgelöst, regelmäßig dagegen durch die Hummeln, besonders B. hortorum. Im weiteren Verlauf der Blühperiode tritt besonders Eristalis tenax als Blütenbesucher hervor, welche ebenfalls meistens die Bestäubung bewirkt. Auch bei der Luzerne zeigten die Samen aus dem Bienenbeet erhöhte Hartschaligkeit. Die Blüten der Ackerbohne (Vicia faba) werden von Hummeln regelmäßig beflogen und bestäubt. Bomb. terrestris und vereinzelt auch Männchen von B. lapidarius treten als primäre Dysteleologen auf. Apis mell. besucht wiederum, besonders in den Vormittagsstunden, die von den Hummeln gebissenen Löcher zum Räubern. Am Nachmittage wächst die Zahl der bestäubenden Bienen an. Der Einfluß des Bienenbesuchs auf den Fruchtansatz der Ackerbohne konnte auch noch in der Weise zahlenmäßig festgestellt werden, daß an einem Schlag von etwa 1000 m Länge, dessen eines Ende etwa 500 m von einem Bienenstand entfernt lag, von 200 zu 200 m eine Versuchsprobe entnommen wurde. Bei den zum Bienenstand am nächsten stehenden Pflanzen zeigte sich ein um 60—70% höherer Samenertrag. Diese Versuche konnten wie bei der Wicke (Vicia sativa) nicht zum Abschluß gebracht werden. — Außer der Keimenergie und der Keimfähigkeit der Samen wurden auch noch das 1000-Korn-Gewicht ermittelt und bei Raps und Senf außerdem eine chemische und mikrochemische Analyse ausgeführt. — In wirtschaftlicher Hinsicht ergaben die Untersuchungen des Verf. erneut die Abhängigkeit des Samenertrages bei Raps, Senf, Rotklee, Bastardklee und auch Luzerne von dem Vorhandensein einer ausgedehnten Bienenzucht in landwirtschaftlichen Produktionsgebieten. (Ber. üb. d. wiss. Biol. Bd. V, H. 1/2.) EVENIUS.

Die untersten Grenzen der Dicke von Mikrotomschnitten. Eine ausgesprochen theoretische Behandlung der Frage, welche untersten Grenzen der Feinheit von Schnitten überhaupt gesetzt sind, läßt vor allem

der Umstand nicht zu, daß es mit unseren Mitteln bis heute nicht möglich ist, Messer von mathematisch exakter Form herzustellen; weiter ist bei solchen Betrachtungen stets auch die Konsistenz des zu schneidenden Materials in Rechnung zu ziehen. Eine befriedigende Antwort kann demnach nur auf Grund praktischer Studien und Erfahrungen erfolgen. Bezüglich des Zustandes lassen sich die in Betracht kommenden Materialien ungezwungen in homogene und inhomogene einteilen, wobei jedoch Übergänge möglich sind. Die homogenen Materialien, die vor allem durch die eingebetteten Objekte repräsentiert sind, lassen begreiflicherweise viel dünnere Schnitte zu als die inhomogenen, als deren Vertreter vor allem die uneingebetteten pflanzlichen Objekte zu nennen sind. Bei diesen wird die Schnittdicke durch die Zellgröße nach unten begrenzt. In dem Maße aber, als die Zellumina zurück und die Membransubstanzen in den Vordergrund treten, nähern sich solche Materialien immer mehr den homogenen, und dementsprechend wächst auch die Möglichkeit der Erzielung dünnster Schnitte. Nur so ist es verständlich, daß sich von gewissen Hölzern Schnitte bis zu 2 μ Dicke herstellen lassen (1). Bei den homogenen Materialien liegen ebenfalls in Abhängigkeit von ihrer Konsistenz die erreichbaren Schnittdicken verschieden und können im günstigsten Falle $^1/_2$ (Celloidin-Paraffin), in der Regel 1 μ (auch Paraffin) betragen. Noch dünnere Schnitte sind nie hergestellt worden und wohl kaum zu erreichen, wie die im folgenden ausgeführten Befunde an schärfsten Messern zeigen werden.

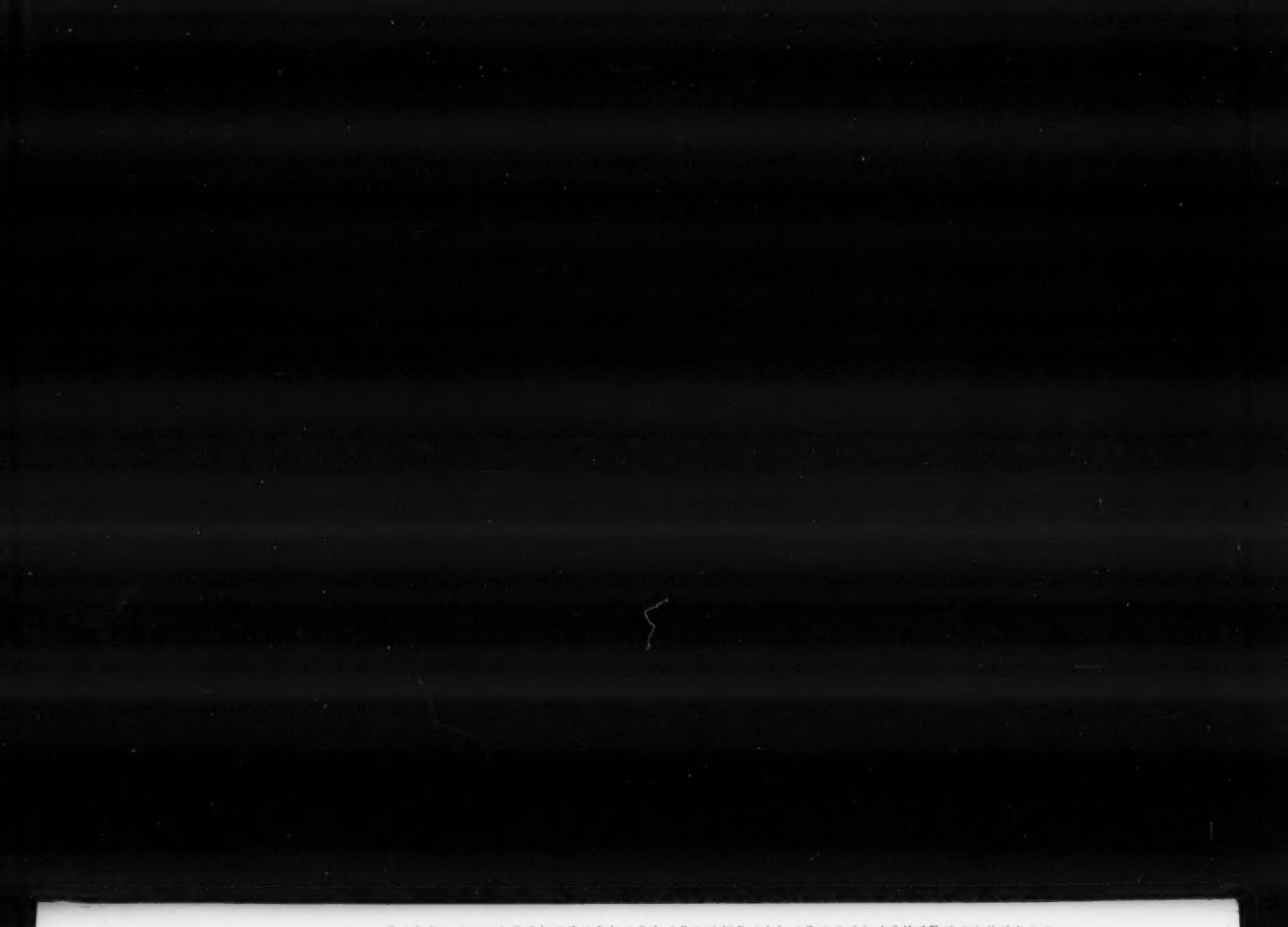
Vom Standpunkt der Mikrotechnik kann ein Messer als scharf bezeichnet werden, wenn dessen Schneide bei einer Vergrößerung von etwa 100 vollkommen gerade erscheint. Bei Verwendung stärkerer Vergrößerungen aber löst sich diese Gerade alsbald in eine große Anzahl von Zähnen und Zacken auf. Diese Zähnung läßt sich auch durch sorgsamstes Schleifen und Polieren der Schneide nicht entfernen. In der letzten Zeit hat JENTZSCH (2) die diesbezüglichen Verhältnisse ausführlich studiert und auch durch sehr instruktive Abbildungen illustriert. Ein zweites, noch viel schwerer ins Gewicht fallendes Moment ist die Wellung der Schneide, deren Beseitigung ebenfalls kaum möglich sein dürfte, da mit zunehmender Dünne des Materials an der Schneide sich dieses immer mehr und leichter kräuseln wird. Aufnahmen von Schneiden, von oben gesehen, die JENTZSCH bei einer Vergrößerung von 1200 und einer num. Apertur von 0,95 mit dem Vertikalilluminator hergestellt hat, zeigen eine Reihe hellglänzender Punkte, und man gewinnt den Eindruck, daß die Schneide nicht nur gekräuselt, sondern an manchen Stellen auch gerissen wäre. Zeigen diese Umstände schon, daß von einer mathematischen Schärfe des Messers nicht die Rede sein kann, so konnte dies weiter noch durch die Feststellung der Querschnittsform der Schneide bestätigt werden (3). Optimal geschliffene Rasierklingen wurden vorsichtig durchschnitten und die Schnittflächen dann vorsichtig poliert. Bei schwacher Vergrößerung erweckte es nun tatsächlich den Anschein, als ob die Schneide mathematisch scharf endigen würde, doch zeigte sich bei stärkeren Vergrößerungen immer mehr und mehr, daß die Facettenflächen nicht in einem Punkt endigen, sondern in eine Rundung übergehen, die nicht genau geometrisch definiert werden konnte. Unter der Annahme einer regelmäßigen Rundung der Schneide wurde ein Krümmungsradius von 0,3—0,35 μ ermittelt.

Die drei angeführten Momente, nämlich die Zähnung, Wellung und Rundung der Schneide, stellen die die Schnittdicke nach unten limitierenden Faktoren dar, wozu sich noch ein viertes Moment gesellt, nämlich die Schwingungen, die die Schneide im Moment des Anprallens an das Objekt vollführt. Ausschalten läßt sich von diesen 4 Faktoren keiner, jedoch gelingt es, die Zähnung so zu modifizieren, daß die Erzielung dünnster, nichtdeformierter Schnitte möglich wird (1). Die mit solchen Schneiden erreichbaren Schnittdicken stellen das bis heute Mögliche dar.

JOSEF KISSER.

Literatur:

J. KISSER, Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie **43**. 1926.
F. JENTZSCH, Ann. d. Physik, IV. Folge, **84**. 1927.
J. KISSER, Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie **44**. 1927.

Akademieberichte. Académie des sciences de Paris 1927. (Nach Revue générale des sciences pures et appliquées.) CH. GORCEIX, *Que la variation des longitudes peut être attribuée à une autre cause que la dérive des continents.* Die Feststellung von Längenveränderungen an gewissen Punkten braucht nicht notwendig durch Kontinentalverschiebungen erklärt zu werden, sondern kann auch durch eine Veränderung der Abplattung des Geoids gedeutet werden (*28. Februar*). — C. MATIGNON et Mlle. G. MARCHAL, *Propriétés réductives du glucinium. Isolement du barium, de magnésium, du potassium et de l'aluminium.* Das Beryllium mit seiner großen Oxydationswärme wirkt stark reduzierend, und mit seiner Hilfe haben die Autoren Ba, Mg und Al aus den Oxyden und K aus dem Hydroxyd dargestellt (*21. März*). — CH. MAURAIN, *Sur la répartition des tremblements de terre en latitude.* Eine Statistik über 1500 Erdbeben zeigt, daß die Häufigkeit der Erdbeben um so größer ist, je kleiner die geographische Breite ist, was offenbar mit der Zentrifugalkraft der Erddrehung zusammenhängt (*7. März*). — CH. ACHARD, L. BINET und A. LEBLANC, *Sur la mort en atmosphère suroxygénée. Observations de* CH. RICHET. Eine Atmosphäre mit 80% Sauerstoff tötet Meerschweinchen und Hasen in 3—5 Tagen. Am 2. Tage tritt Verlangsamung der Atmung und Verminderung der Kohlensäuremenge ein. Das Blut zeigt Polyglobulie mit Leukocytose. Meerschweinchen starben auch schon an einer Kongestion der Lunge nach weniger als 8 Tagen, wenn der Sauerstoffgehalt den Normalgehalt um 15% überstieg. — G. LEVADITI, *Action stérilisante du bismuth dans la syphilis.* Das Wismut wirkt nicht nur auf die äußeren Symptome der Syphilis, sondern dringt besonders in das Innere der Gewebe ein (*21. März*). — G. FOURNIER, *Sur une rélation entre le poids atomique des radioéléments isotopes et la vitesse des rayons α qu'ils émettent.* Die Geschwindigkeit der α-Strahlen vermindert sich proportional mit dem Atomgewicht und der Koeffizient ist für die verschiedenen Isotopengruppen gleich (*4. April*). — CH. RICHET, *Les conditions de la mort électrique chez les poissons.* Fische, zumal solche von schmaler Gestalt, sterben schon durch einen schwachen Induktionsstrom nach wenigen Sekunden. Die spezifischen Unterschiede sind sehr groß und der Tod tritt um so schneller ein, bei je höherer Temperatur der Fisch sich befindet (*9. Mai*). — C. CHAMIÉ, *Sur les groupements d'atomes d'éléments radioactifs dans le mercure.* Die radioaktiven Stoffe lösen sich nicht als einzelne Atome im Quecksilber, sondern es bleiben Atomgruppen zusammen (*23. Mai*).

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.